

ホームネットワークにおけるデータ特性を考慮した SDN による優先度制御手法

SDN Based Priority Control Method Considering Data Attributes for Home Network

国本 典晟 / Tensei Kunimoto

1 はじめに

Software-Defined Networking (SDN) 技術の普及により、柔軟なネットワークの構築が可能となり、企業ネットワークや ICT システムに利用されている。一方、LAN 環境を家庭内に構築したホームネットワークは、動画などの大容量データの増加や IoT デバイスの普及に伴い、通信帯域の逼迫が危惧されている。この問題の解決のため、SDN 技術のホームネットワークへの適用が期待されている [1]。しかし、ホームネットワークには様々なアプリケーションによる特性の異なるデータが混在する。現在のインターネットサービスプロバイダ (ISP) はデータの特性を考慮せず同様に制御するため、通信帯域が逼迫した際に、重要なパケットの損失や Quality of Service の低下などの問題が生じる。これに対して、データを遅延要件に基づき分類した研究 [2] があるが、テレワークの増加など、昨今のリアルタイム性の高い通信の需要を十分に考慮できていない。

本研究では、ホームネットワークのデータをリアルタイム性を含む特性を考慮して優先度を設定し分類する。その分類をもとに、通信帯域に合わせて優先度制御を行う手法を提案する。

2 提案手法

2.1 概要

提案手法の構成は図 1 に示すように、各家庭にはホームネットワークを家庭外のネットワークに接続するゲートウェイがあり、ゲートウェイはルータを介して ISP のサーバと通信する。SDN コントローラはホームネットワークの通信をリアルタイム性を含む特性から 4 つに分類し、それぞれの優先度制御に必要なメッセージをゲートウェイ、ルータ、ISP サーバとやり取りする。また、制御において同じルールを持つ通信の集合であるフローのうち、優先度の高いフローの遅延やパケットロスを防ぐため、優先度の低いフローを意図的に破棄するアドミッション制御を行う。SDN コントローラは通信帯域を監視し、必要に応じてアドミッション制御を行い、ゲートウェイにフローの破棄を示す。

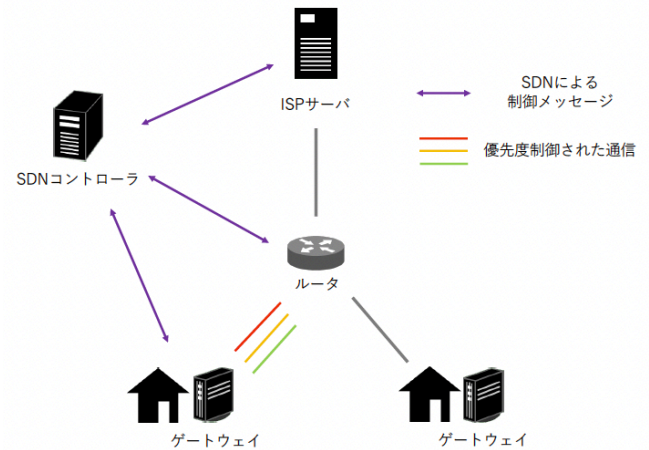


図 1: 提案手法の構成

2.2 優先度分類

ホームネットワークの通信をリアルタイム性を含む特性を考慮して 4 つに分類し、優先度を設定する。優先度 1 は侵入者センサや火災報知器などのミッションクリティカルなデータの通信である。遅延やパケットロスが許されず、通常あまり通信帯域を消費しないため、優先度は最も高い。優先度 2 は音声通話や Web 会議など、リアルタイム性の高い音声・映像データの通信である。優先度 3 は録画された動画など、リアルタイム性の低い音声・映像データの通信である。優先度 2 の通信が途切れるとユーザ間の通話が途切れるなどの問題が生じるため、優先度 3 の通信よりも優先度を高く設定している。優先度 4 は Web サイトなどの TCP による通信や室温センサなどの非ミッションクリティカルなデータの通信である。遅延やパケットロスの影響が最も小さいため、最も低い優先度を設定する。

2.3 アドミッション制御

優先度 1 や優先度 2 の通信はその特性から遅延やパケットロスをできる限り減らす必要があるため、通信帯域に応じて優先度の低いフローを意図的に破棄するアドミッション制御を行う。アドミッション制御のフローチャートを図 2 に示す。SDN コントローラが通信帯域を監視し、優先度 1 や優先度 2 のフローの帯域が十分でない場合、優先度の低いフローを破棄することで、優先度 1 や優先度 2 の通信帯域を確保するようにする。しかし、ただ優先度の低いものから破棄するフローを選択した場合、同じフローが破棄

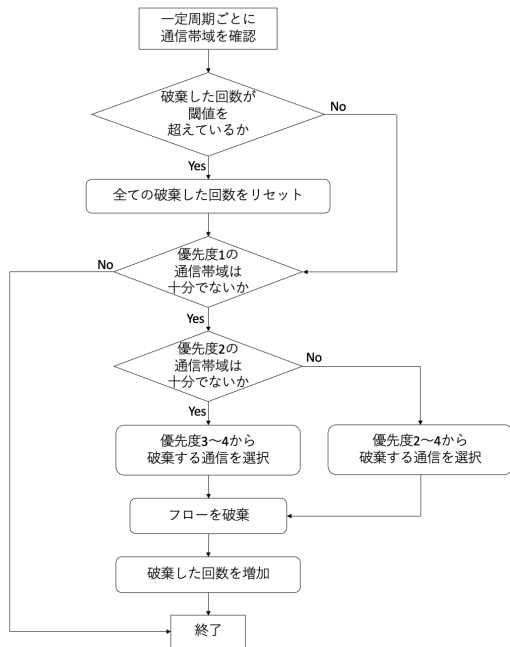


図 2: SDN コントローラにおけるアドミッション制御

され続け、通信が拒否される飢餓状態に陥る可能性がある。飢餓状態を回避するために、フロー毎に破棄された回数を記録する。各フローの優先度とこれまで破棄された回数から新たに破棄するフローを選択することで、飢餓状態を回避することができる。

3 評価実験

提案手法の動作手順を図 3 に示す。実験は、ネットワークエミュレータである Mininet を用いて、4 つのデバイスがゲートウェイを経由して ISP サーバへパケットを送信するネットワークを構築して行う。SDN コントローラには、SDN 構築フレームワークである Ryu を用いており、ゲートウェイと接続して優先度分類とアドミッション制御を行う。提案手法の動作手順を図 3 に示す。SDN コントローラは OpenFlow プロトコルによりゲートウェイと優先度制御に必要なメッセージをやり取りする。ゲートウェイに接続された 4 つのデバイスは、それぞれ 2.2 節で分類した 4 つの優先度の通信を行う。ゲートウェイにはフローを保存するフローテーブルがある。ゲートウェイはフローテーブルに適合するパケットを受信した場合はフロー通りに通信し、適合しないパケットを受信した場合はフローを確定させるために、適合しないパケットを受信したことを伝える Packet_In メッセージを SDN コントローラへ送信する。SDN コントローラはゲートウェイから Packet_In メッセージを受信すると、優先度を分類し、ルータとゲートウェイにフローの情報を伝えるメッセージを送信する。SDN コントローラは各デバイスとゲートウェイ間の通信量を監視し、一定周期で閾値を超過していないか確認する。閾値を超過

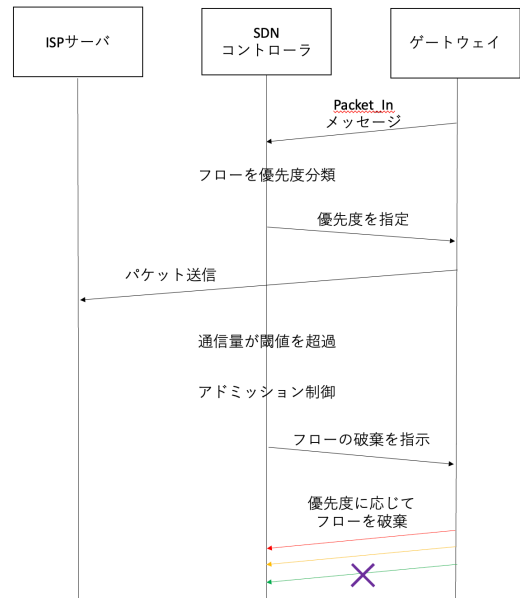


図 3: 評価実験の動作手順

していた場合、各優先度の通信量とこれまでに各フローが破棄された回数から、新たに破棄するフローを選択する。破棄するフローが決定すると、SDN コントローラはゲートウェイにそのフローを破棄するよう指示するメッセージを送信する。ゲートウェイはメッセージを受信すると、指示に従いフローを破棄する。提案手法の有効性を検証するため、TCP/IP パケットジェネレータおよびアナライザである hping3 を用いて、各デバイスから ISP サーバへパケットを送信し、各優先度のパケットロス率、スループット、遅延を測定し、先行研究と比較する。また、リアルタイム性の評価のため、優先度 2 と 3 のフローが破棄されたタイミングについて、先行研究と比較する。

4 まとめ

本研究では、SDN 技術のホームネットワークへの適用において、混在する異なる特性のデータの通信を制御するために、通信をリアルタイム性を含む特性から 4 つに分類し、優先度制御を行う手法を提案した。提案手法について、ホームネットワークを想定して構築したネットワークにて実験を行い、先行研究と比較してリアルタイム性の点から有効性を示した。

参考文献

- [1] Cisco Annual Internet Report (2018-2023) White Paper, <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.pdf> (参照: 2022/1).
- [2] Hung-Chin Jang, Chi-Wei Huang and Fu-Ku Yeh, Design A Bandwidth Allocation Framework for SDN Based Smart Home, 2016 IEEE 7th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), pp. 1-6, 2016.